



Диаграмма состояния системы AgBr-Tl

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПА ПРОВОДИМОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК Cu-Ga-Se, ПОЛУЧЕННЫХ ГИДРОХИМИЧЕСКИМ ОСАЖДЕНИЕМ

Федорова Е.А., Маскаева Л.Н., Марков В.Ф.

Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19  
ka\_fed-ra@mail.ru

Среди новых перспективных полупроводниковых материалов, пригодных для создания на их основе эффективных фотоэлектрических преобразователей солнечного излучения, следует выделить полупроводниковое соединение со структурой халькопирита Cu-Ga-Se, которое обладает высоким коэффициентом поглощения  $10^4 \text{ см}^{-1}$  и оптимальной шириной запрещенной зоны 1,68 эВ [1]. Актуальной задачей и по сей день остается поиск оптимальных методов синтеза и изучение свойств полученных образцов этого соединения.

Для упрощения и повышения степени контроля над свойствами и составом материала наряду с такими методами получения тонких пленок CGS как термическое испарение в вакууме, молекулярно-лучевая эпитаксия, селенизация отдельных слоев Cu-Ga, используют и гидрохимическое осаждение [2], отличающееся высокой производительностью и простотой технологического оформления.

Химическое соосаждение пленок селенидов меди (I) и галлия осуществляли на предварительно обезжиренные ситалловые подложки марки СТ-50-1 из реакционной смеси, содержащей хлорид меди (II), нитрат галлия и селеносульфат натрия, концентрация которого варьировалась от 0,1 до 0,7 моль/л.

Толщина полученных полупроводниковых слоев Cu-Ga-Se изменялась от 116 до 213 нм, причем максимальная толщина пленки наблюдалась при концентрации халькогенизатора 0,3 моль/л.

Исходя из полупроводниковой структуры синтезированных пленок системы Cu-Ga-Se, определение типа проводимости осуществляли по знаку термоэдс в области зондового контакта с полупроводниковой структурой на основе селенидов меди (I) и галлия во время нарастания величины термоэдс. Значения термоэдс фиксировались при использовании горячего зонда.

Измеренные значения термоэдс в интервале концентраций селеносульфата натрия 0,01-0,03 моль/л свидетельствуют об электронной проводимости синтезированного слоя. Дальнейшее увеличение концентрации халькогенизатора приводит к появлению у полученных пленок неустойчивого *p*-типа проводимости, что означает равенство количества носителей заряда – электронов и дырок.

Известно, что в тонких пленках Cu-Ga-Se преобладает рассеяние носителей на границах зерен, а тип носителей и их концентрация определяются в основном степенью отклонения состава от стехиометрии. Избыточное количество Se обуславливает проводимость *p*-типа, а пленки с недостаточным содержанием Se имеют проводимость *n*-типа.

Кроме того, изменение соотношения атомов галлия и меди позволяет эффективно контролировать электрические свойства пленок Cu-Ga-Se вплоть до конверсии типа их проводимости  $p \rightarrow n$ , а также с понижением отношения меди и галлия КПД солнечных элементов увеличивается.

1. Würz R., Rusu M., Schedel-Niedriga Th., et al. // Surface Science. 2005. P. 80.

2. В.Ф. Марков, Л.Н. Маскаева, П.Н. Иванов. Гидрохимическое осаждение пленок сульфидов металлов: моделирование и эксперимент. Екатеринбург: УрО РАН. 2006. 218 с.

## ДЕФЕКТНАЯ СТРУКТУРА И ИЗОТЕРМИЧЕСКОЕ

### РАСШИРЕНИЕ $\text{La}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{Co}_{0,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{3-d}$ .

*Баталов В.Р., Середа В.В., Цветков Д.С.*

Уральский федеральный университет  
620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19

Получение новых материалов является важной задачей, составляющей основу научно-технического прогресса в различных отраслях производства. Особое место среди этих соединений занимают сложные оксиды со структурой перовскита  $\text{ABO}_3$ , где А – лантаноид, В – атом 3d-металла. Соединения данного структурного типа отличаются разнообразным составом, в их кристаллическую структуру могут входить практически все элементы Периодической системы. В силу такого многообразия в перовскитах наблюдается широкий диапазон полезных свойств, таких как высокая смешанная кислород-ионная электропроводность, магнетосопротивление и сверхпроводимость. Рассматриваемый в данной работе оксид  $\text{La}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{Co}_{0,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{3-d}$  может использоваться, как электродный материал в твёрдооксидных топливных элементах и в  $\text{CO}_2$ -лазерах, так же он может применяться в газовых датчиках и электрохимических конверторах.

В настоящее время подробно исследуются электропроводность, кислородная нестехиометрия и термическое расширение перовскитов, но уделяется недостаточно внимания важному свойству этих оксидов – изотермическому расширению. Это явление связано с тем, что при уменьшении парциального давления кислорода из решётки оксида выделяется кислород и происходит частичное восстановление ионов в подрешётке 3d-металла и, следовательно, увеличение его ионного радиуса. При разработке электрохимических устройств, применяющихся при разных парциальных давлениях кислорода, необходимо учитывать изотермическое расширение, в противном случае при эксплуатации могут возникнуть механические деформации, что приведёт к ухудшению рабочих характеристик этих устройств.

Исследуемый в настоящей работе образец  $\text{La}_{0,9}\text{Sr}_{0,1}\text{Co}_{0,9}\text{Fe}_{0,1}\text{O}_{3-d}$  был синтезирован глицерин-нитратным методом, в качестве исходных веществ использовались  $\text{Co}$ ,  $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{FeC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Отжиг образцов проводился в интервале температур 800-1100°C с шагом